

Henna Kallinen

HYÖNTEISTEN FRASSIEN LANNOITEVAIKUTUS

HYÖNTEISTEN FRASSIEN LANNOITEVAIKUTUS

Henna Kallinen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Henna Kallinen

Opinnäytetyön nimi: Hyönteisten frassin lannoitevaikutus

Työn ohjaaja: Paula Syri

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 41+2

Hyönteisiä voidaan hyödyntää monipuolisesti, kuten elintarvikkeena, rehuna ja jätteenkäsittelyssä. Hyönteistuotannossa sivuvirtana syntyy frassia, joka sisältää hyönteisten lannan lisäksi kasvualueita, rehua, kitiinikuoria ja kuolleita hyönteisiä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hyönteisten frassien lannoitevaikutusta salaattilla kaupalliseen lannoitteeseen verrattuna. Frassin on raportoitu olevan hyvä lannoite kasveille, mutta tutkimustietoa on vain vähän saatavilla. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä MiniEines – Hyönteisistä einestä ja euroja -hankkeen kanssa.

Lannoituskoe toteutettiin astiakokeena. Kokeessa käytettiin jauhopukin (*Tenebrio molitor*), mustasotilaskärpäsen toukan (*Hermetia illucens*) ja kotisirkan (*Acheta domesticus*) frassia. Kaupallisena lannoitteena käytettiin Kekkilän luomu kanankakkaa sekä kontrollina oli lannoittamaton käsittely. Jokaisesta käsittelystä oli viisi toistoa, yhteensä 25 kasvatusruukkuja. Ennen kokeen aloittamista frasseista määritettiin kokonaistyyppi, jonka mukaan frassia annosteltiin tyyppien mukaan saman verran salaateille. Hyönteisten frassit kuumakäsiteltiin Ruokaviraston ohjeistuksen mukaisesti. 11 kasvatusviikon aikana salaattien kasvua dokumentoitiin valokuvaamalla ja kasvatusalustan johtokykyä seurattiin säännöllisesti. Kokeen päättyessä salaattien tuore- ja kuivapainot mitattiin ja salaateista määritettiin nitraattipitoisuudet.

Lannoituskokeen tulosten perusteella hyönteisten frasseilla lannoittaessa saavutetaan paremmat satotulokset kuin kaupallisella lannoitteella. Eri frassien lannoitevaikutuksissa oli havaittavissa eroja. Suurimmat tuorepainot saatiin jauhopukin frassilla lannoittaessa, mutta nopeimman kasvun saavuttivat kotisirkan frassilla lannoitetut salaattit. Tulokset osoittavat frassin olevan arvokas sivuvirta. Sivuvirtojen hyödyntäminen on taloudellisesti kannattavaa ja säästää ympäristöä.

Asiasanat: hyönteiset, frassi, jauhopukki (*Tenebrio molitor*), mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*), kotisirkka (*Acheta domesticus*)

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Agricultural and Rural Industries

Author: Henna Kallinen

Title of thesis: The Fertilizer Effect of Insect Frass

Supervisor: Paula Syri

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020 Number of pages: 41+2

Insects can be utilized in many ways, for example as food, feed or in waste disposal. Insect frass is a by-product of insect farming. Frass contains insect manure, substrate, feed, chitin exterior and dead insects. The aim of this thesis was to find out, if frass is a competitive fertilizer to lettuce and to compare it with commercial fertilizer. Frass has been said to be a good fertilizer but only limited amount of reports are available on the topic. The thesis was executed with the MiniEines – Hyönteisistä einestä ja euroja project.

The experiment was a pot experiment. Insect frass used was from mealworm (*Tenebrio molitor*), black soldier fly (*Hermetia illucens*) and house cricket (*Acheta domesticus*). Commercial fertilizer used was Kekkilä organic chicken manure and control was untreated. Every treatment had five repetitions, in total 25 pots. Total nitrogen was analyzed from the frass. Total nitrogen amount was used to determine the amount of frass used as a fertilizer. Before the experiment, the frass was processed as Finnish Food Authority instructs. During the 11 weeks of experiment, the growth of the lettuce was documented regularly as well as the conductivity of the substrate. Fresh and dry weight were measured after the experiment. The amount of nitrate was determined from the lettuces.

The results show that lettuces fertilized with insect frass grew better than with commercial fertilizer. There were differences between different types of frass. Lettuce fertilized with the frass of mealworm had the highest fresh weight. The lettuce fertilized with the frass of house cricket started to grow earlier than the lettuces fertilized with other frass. The results of this thesis show that frass is a valuable by-product. Utilizing the by-products is economically and ecologically profitable.

Keywords: insects, frass, mealworm (*Tenebrio molitor*), black soldier fly (*Hermetia illucens*) and house cricket (*Acheta domesticus*)

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	HYÖNTEISTUOTANTO.....	7
3	TUOTANTOHYÖNTEISTEN OMINAISUUKSIA	9
3.1	Jauhopukki (<i>Tenebrio molitor</i>)	9
3.2	Mustasotilaskärpänen (<i>Hermetia illucens</i>).....	11
3.3	Kotisirkka (<i>Acheta domesticus</i>)	13
4	HYÖNTEISLANNAN KÄYTTÖ LANNOITTEENA	15
5	HYÖNTEISTUOTANNON SIVUTUOTTEIDEN KÄSITTELYVAATIMUKSET	18
6	LANNOITUSKOE.....	20
6.1	Aineisto ja menetelmät	20
6.1.1	Ravinneanalyysit.....	21
6.1.2	Kokeen perustaminen	22
6.1.3	Kokeen olosuhteet	23
6.1.4	Kokeen toteutus	24
6.2	Tulokset ja tulosten tarkastelu	25
6.2.1	Satotulokset	25
6.2.2	Kasvatusalustan johtokyky.....	27
6.2.3	Kasvuhavainnot	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
8	POHDINTA	37
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Hyönteisten on huomattu tarjoavan paljon mahdollisuuksia eri toimialoilla. Hyönteiset voivat toimia ravinnon lähteenä ihmisille, rehuna lemmikki- ja tuotantoeläimille sekä niiden avulla voidaan pienentää orgaanisen jätteen määrää. Sivutuotteena hyönteiset tuottavat frassia. Frassi sisältää hyönteisten lannan lisäksi muun muassa rehua, kasvualustaa, kitiinikuoria ja kuolleita hyönteisiä. Frassin on havaittu toimivan hyvänä lannoitteena kasveille, mutta tutkimustietoa ja frassista valmistettuja lannoitetuotteita on vain vähän saatavilla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, onko tavanomaisimpien tuotantohyönteisten frasseilla lannoitusvaikutusta ja saavutetaanko niillä samanlaisia lannoitusvaikutuksia salaattilla kuin kaupallisella lannoitteella. Tutkimusoletuksena on, että frassit ovat yhtä hyviä lannoitteita kuin kaupallinen kanankakkalannoite.

Tutkimusoletukset ovat tarkennettuna seuraavat:

- Hyönteisten frassi lisää salaatin satoa verrattuna lannoittamattomaan.
- Eri frasseilla lannoitettujen salaattien sato ei eroa kaupallisella kanan lannalla lannoitettujen salaattien sadosta.
- Eri frasseilla lannoitettujen salaattien sadossa on eroa.
- Eri tavoin lannoitettujen salaattien nitraattipitoisuuksissa ei ole eroja.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Oulun ammattikorkeakoulussa, yhteistyössä MiniEines – Hyönteisistä einestä ja euroja -hankkeen kanssa. Hankkeen tavoitteena oli muun muassa koota ja julkaista tietoa hyönteistuotantoketjun eri vaiheissa toimiville yrityksille.

Opinnäytetyöhön sisältyi lannoituskoe Oamkin Kotkantien kampuksella. Kasvatuskokeessa käytettiin jauhopukin (*Tenebrio molitor*), kotisirkan (*Acheta domesticus*) ja mustasotilaskärpäsen toukan (*Hermetia illucens*) frassia. Frassit esikäsiteltiin Ruokaviraston lannoitevaatimusten mukaan, eli frassit pakastettiin ja sen jälkeen kuumakäsiteltiin noin 75 °C:ssa 1,5 tunnin ajan. Näillä toimenpiteillä eliminoidaan mahdolliset elävät hyönteiset frassin seasta. Frasseista tehtiin ravinneanalyysi, jonka perusteella määritettiin annosteltava lannoitusmäärä. Koekasvina oli lehtisalaatti (*Lactuca sativa*). Kaupallisena lannoitteena käytettiin Kekkilän luomu kanankakkaa ja kasvatusalustana Biolanin taimimultaa.

2 HYÖNTEISTUOTANTO

Ympäristön kestävyyttä koetellaan väestönkasvun kiihtyessä. Ravinnon, makean veden sekä ravinnontuotantoon tarvittavan maa-alan tarve kasvaa ja samalla kasvaa tarve löytää keinoja hillitä ilmastonmuutosta. (FAO 2020, viitattu 25.3.2020.) Hyönteisillä on arvioitu olevan useita ympäristö-etuja muihin tavanomaisiin karjaeläimiin verrattuna. Hyönteistuotantoon ei tarvita suurta pinta-alaa ja niiden tuotanto tuottaa vähemmän kasvihuonekaasuja kuin lihantuotanto. Hyönteiset pystyvät myös muuttamaan rehun tehokkaammin proteiiniksi kuin naudat, kanat, lampaat ja siat. Hyönteiset ovat proteiinipitoisia ja ne sisältävät hyviä rasvoja, rautaa, sinkkiä ja kalsiumia. Niillä voidaan korvata lihaa ja kalaa ruokavaliossa. Hyönteisten tuottaminen ei vaadi suuria investointeja tai maa-alaa, ja on siksi hyvä vaihtoehto ruokaturvan saavuttamiseen niin kaupungeissa kuin syrjäseuduilla. Paikallisella hyönteistuotannolla vähennetään tuontiproteiinin tarvetta ja säästetään tuonnista syntyviä päästöjä. (van Huis, Van Itterbeeck, Klunder, Mertens, Halloran, Muir & Vantomme 2013, 2.)

Evira hyväksyi hyönteiset elintarvikkeeksi vuonna 2017 ja sen jälkeen markkinoille ilmestyi hyönteiselintarvikkeita, kuten sirkkaleipää tai sirkkalakua. Vuoden 2018 joulukuussa Etelä-Suomen Sanomat julkaisi artikkelin, jossa käsiteltiin hyönteisruoan kysynnän laantumista. S-ryhmässä hyönteistuotteiden määrä oli pudonnut parista kymmenestä muutamaan. Keskon ja S-ryhmän edustajat arvioivat kysynnän kasvavan ajan kanssa. Ongelmana arvioitiin olevan hinta ja asiakkaiden tottumattomuus hyönteisiin elintarvikkeena. (STT 2018, viitattu 28.1.2020). Suomessa hyönteistuotanto on vielä pienimuotoista ja tuotantovaiheet kaipaavat automatisointia, joten hyönteistuotteiden hinnat ovat korkeat (Rautiainen 2019, viitattu 28.1.2020). Syyskuussa 2018 Suomessa oli 50 rekisteröitynyttä hyönteisalan toimijaa, joista suurin osa on Länsi-Suomesta (Viilo 2018, viitattu 22.1.2019).

Länsimaissa isot tuotantolaitokset ovat olleet toiminnassa vasta muutamia vuosia ja ne vaativat vielä kehittämistä ja automatisointia (Heiska & Huikuri 2017, 38). Hollannissa Protix avasi vuoden 2019 kesäkuussa maailman suurimman hyönteistehtaan. 14 000 neliömetrin tehtaassa tuotetaan kontrolloiduissa ja automatisoiduissa olosuhteissa mustasotilaskärpäsien toukkia rehujen raaka-aineeksi. (Koeleman 2019, viitattu 16.4.2020.) Ynsect rakentaa Ranskassa tehdasta, jossa tullaan tuottamaan jauhopukin toukkia kalanrehuksi. Tulevaisuudessa tehtaassa voidaan vuosittain tuottaa 20 000 tonnia proteiinia. (Food Ingredients First 2019, viitattu 16.4.2020.)

Hyönteistuotannolla on mahdollisuuksia monilla eri osa-alueilla. Eläinten rehuteollisuudessa hyönteisistä valmistettavat rehut ovat hyvä vaihtoehto tuontiproteiineille, kuten soijalle. Hyönteisistä voidaan erotella proteiineja ja rasvoja rehujen raaka-aineeksi. Hyönteisrehulla ruokittujen eläinten vastustuskyvyn on tutkittu parantuneen. Heiska ja Huikuri viittavat Van Hallin vuoden 2011 tutkimukseen, jossa todettiin, että hyönteisrehulla ruokittujen broilereiden tuotannossa voitiin vähentää antibioottien käyttöä. (Heiska & Huikuri 2017, 11.) Hyönteiset ovat luontaista ravintoa kana- ja kalalajeille (Hulden 2015, 145). Tällä hetkellä hyönteisiä tai hyönteisvalkuaista ei saa käyttää märeh-tijöiden rehuna. Rehuksi tarkoitetun hyönteisten kasvatuksessa ei saa käyttää ruokajätettä, lantaa eikä muuta rehuksi kelpaamatonta ainesta. (Hyönteisiä rehuksi 2017, viitattu 12.3.2020.) Hyönteiset voivat toimia myös bio- ja ongelmajätteen käsittelijänä ja pienentää kaatopaikoille joutuvan jätteen määrää. Jätteen käsittelyssä käytettyä hyönteistä ei voida hyödyntää elintarvikkeena tai rehuna, mutta hyönteiset voidaan hyödyntää biodieselin valmistuksessa (Vilen 2019, viitattu 28.1.2020).

Hyönteistuotannossa syntyvää frassia voidaan hyödyntää lannoitteena, jolloin tuotannon kannattavuus paranee, kun riippuvuus tuontilannoitteista pienenee. Frassin käyttö lannoitteena voi vähentää kasvinsuojeluaineiden ja väkilannoitteiden tarvetta, sillä frassin on mainittu estävän patogeenien kasvua. Frassin hyödyntäminen parantaa hyönteistuotannon kiertotaloutta, kun hyönteisten rehun ravinteet saadaan frassista takaisin ravinnekiertoon. (IPIFF 2020, 1.2.1.)

3 TUOTANTOHYÖNTEISTEN OMINAISUUKSIA

Hyönteisten ulkokuori koostuu kovasta kitiinistä, joka suojaa saalistajilta ja vähentää veden haihtumista. Kitiini on polysakkaridi, joka sisältää typpeä. Hyönteisten on arvioitu sisältävän kitiiniä 2,7–49,8 mg/kg tuorepainosta ja 11,6–137,2 mg/kg kuiva-aineesta. (van Huis ym. 2017, 74.) Kasvin tuotannossa kitiinin ja sen hajoamistuotteiden on tutkittu parantavan kasvien vastustuskykyä kasvitauteja ja tuholaisia vastaan (Ramirez, Rodriguez, Alfonso & Peniche 2010, viitattu 14.3.2020).

Syötäviä hyönteislajeja on maailmalla noin 2 000 (Hulden 2015, 8). Kaikki nämä lajit eivät kuitenkaan sovellu massatuotantoon. Lajin lisääntymiskapasiteetti, kasvunopeus ja tilantarve vaikuttavat tuotannon taloudellisuuteen. Tuotannon automatisointiin vaikuttaa hyönteisten liikkuminen, lento-kyky ja lisääntymissyklin tasaisuus. Eläinten rehuksi tarkoitettujen jauhopukin ja mustasotilaskärpäsien automatisoituja massatuotantomenetelmiä on kehitetty Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Myös elintarvikkeeksi tuotettujen sirkkojen tuotantoa on kehitetty vuosien ajan. Suomessa kehitystyötä on tehty ainakin jauhopukin toukalle, mustasotilaskärpäselle sekä eri sirkkalajeille. (Heiska & Huikuri 2017, 13–14.)

3.1 Jauhopukki (*Tenebrio molitor*)

Jauhopukki (*Tenebrio molitor*) kuuluu pimikkökuoriaisten eli *Tenebrionidae*-heimoon. Jauhopukkia esiintyy ympäri maailmaa ja se on tunnettu elintarviketuholaisena. Jauhopukin elinkierrossa on neljä kehitysvaihetta: muna, toukka (Kuvio 1), kotelo ja aikuinen. Aikuinen jauhopukki on 1,25–1,8 cm pitkä. Aluksi vaalean sävyinen jauhopukki tummuu saavutettuaan sukukypsyyden pari viikkoa kotelosta kuoriutumisen jälkeen. Aikuinen jauhopukki elää 37–96 päivää. Jauhopukkinaaras munii kasvualustaan keskimäärin 400–500 munaa. Valkoiset, pavun muotoiset, munat ovat 1,7–1,8 mm pitkiä ja 0,6–0,7 mm leveitä. Vasta kuoriutuneet toukat ovat valkoisia. Täyskasvuinen toukka on 2,5–3 cm pitkä ja noin 3 mm paksu. Keltaisen kitiinikuorensa toukka vaihtaa 9–20 kertaa. Kotelovaiheen kestoon vaikuttaa lämpötila. 28°C:ssa kotelovaihe kestää 6 päivää ja 18°C:ssa 18 päivää. (Ghaly & Alkoik 2009, 321.) Jauhopukin koko elinkierto on vaikuttavat vahvasti ympäristön olosuhteet, kuten kosteus, lämpötila, ravinto ja populaation tiheys (Ribeiro 2017, 13–18).



KUVIO 1. Jauhopukin toukkia. "56/365 - worms" by isabelle.puaut is licensed under CC BY-NC-ND 2.0

Jauhopukkia tuotetaan elintarvikkeeksi, eläinten rehuksi sekä kalan syötiksi (Ribeiro 2017, 9). Kiinassa HaoCheng Mealworm Inc. – yritys tuottaa muun muassa elävää sekä jauhettua jauhopukkia (Hulden 2015, 239). Jauhopukin on tutkittu pystyvän hajottamaan styroksia, muovia ja mikromuovia (Vilen 2019, viitattu 28.1.2020).

Jauhopukin eri kehitysvaiheet kannattaa kasvattaa omissa laatikoissaan, sillä madot ja aikuiset voivat syödä munia ja koteloita. Jako eri kehitysvaiheisiin mahdollistaa myös elinolosuhteiden optimoinnin, jolloin tuottavuus paranee. Kasvatuslaatikon reunojen vähintään 5 cm korkeus takaa, ettei jauhopukki pääse laatikosta. Kasvatusalustana käytetään yleisesti vehnälesettä, jota jauhopukit käyttävät myös ravintonaan. Vettä jauhopukit saavat vihanneksista tai hedelmistä. (Cloutier 2015, 25.)

Coudron, Sprangers, Elliot ja Halstead (2019, 61) testasivat jauhopukin frassin typpi- ja fosforipitoisuudet. Jauhopukin frassi on kuivaa ja ravinteikasta. Tulosten mukaan jauhopukin frassi on jopa ravinteikkaampaa kuin muiden eläinten lanta, vastaavin lanta ravinteikkuudeltaan on kananlanta. Jauhopukin rehulla on hieman vaikutusta frassin ravinnepitoisuuteen.

3.2 Mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*)

Mustasotilaskärpänen (*Hermetia illucens*) kuuluu asekärpästen eli *Stratiomyidae*-heimoon. Sitä esiintyy ympäri maailmaa. Mustasotilaskärpäsellä on neljä kehitysvaihetta: muna, toukka (Kuvio 2), kotelo ja aikuinen. Aikuinen on 13–20 mm pitkä ja väriltään musta. Naaraat munivat 320–1 000 munaa tiiviiksi riviksi ja kuolevat pian tämän jälkeen. Beiget munat ovat kooltaan 1 mm pitkiä. 0,66 mm mittaiset toukat kuoriutuvat noin neljän päivän kuluttua munienlaskusta ja käyttävät ympäröivää orgaanista ainetta ruoanlähteenään. Ruoan riittoisuus sekä lämpötila määrittävät toukkavaiheen keston. Se voi vaihdella neljästä viikosta viiteen kuukauteen. Kuorensa mustasotilaskärpäsen toukka luo viidesti ennen kotelovaihetta. Toukat siirtyvät biomassasta koteloituakseen. Kotelot ovat 12–25 mm pitkiä ja muodonmuutos kestää noin 2 viikkoa. Parittelu tapahtuu 2 päivää kuoriutumisen jälkeen ja muninta 2 päivää tämän jälkeen. Mustasotilaskärpänen syö ainoastaan toukkavaiheen aikana, aikuisella yksilöllä täytyy kuitenkin olla vettä saatavilla. Aikuinen elää 5–21 päivää. Elinikään vaikuttavat kärpäsen koko ja veden saatavuus. (Caruso, Devic, Subamia, Talamond & Baras 2013, 2–7.)



KUVIO 2. Mustasotilaskärpäsen toukkia "File:Hermetia illucens, Poznan.jpg" by MOs810 is licensed under CC BY-SA 4.0

Mustasotilaskärpäsen toukkaa voidaan käyttää lannan käsittelyssä. Lannasta toukka pystyy vähentämään hajuhaittoja sekä haitallisia bakteereja, kuten *Escherichia coli*, *Salmonella* ja *Compylobacter jejuni*, levittämättä niitä ympäristöön (Heiska & Huikuri 2017, 12). Yhdysvalloissa mustasotilaskärpäsen toukille annettiin ravinnoksi sianlantaa. Lannan typpipitoisuus pieneni 71 %, fosforipitoisuus 52 % ja kalium 52 %. Hajuhaitat pienentyivät samoin kuin haitallisten bakteerien määrät. (van Huis ym. 2013, 94.) Ruotsissa mustasotilaskärpäsen toukkaa on käytetty lietteen käsittelyssä. Toukat käsittelevät kahden viikon aikana tonnin lietettä 200 kiloksi kompostia. Toukkia, joita on käytetty jätteenkäsittelyssä, ei voida hyödyntää elintarvikkeena tai rehuna, mutta niiden frassi voidaan hyödyntää lannoitteena pellolla. Toukista voidaan erotella rasvaa esimerkiksi biodieselin valmistukseen tai proteiinia teollista käyttöä varten. Mustasotilaskärpäsen toukka pystyy hävittämään myös ongelmajätettä, kuten homemyrkyjä ja lääkkeitä. (Vilen 2019, viitattu 28.1.2020.)

Toukkia käytetään myös rehuna siipikarjalle, sioille ja kaloille, sillä ne ovat proteiini- ja rasvapitoisia. Toukkien proteiiniarvot vaihtelevat 32–56 % riippuen minkä ikäinen toukka on ja millaista rehua

toukat ovat syöneet. (Caruso ym. 2013, 91, 100.) Mustasotilaskärpäsien toukkia lisättiin kananpoikien ravintoon, joiden kasvu edistyi 96 % kontrolliryhmään verrattuna, joka sai ravintonaan soijaa. Toukkia syövät kananpojat söivät määrällisesti vähemmän kuin kontrolliryhmä. (Hulden 2015, 151.)

3.3 Kotisirkka (*Acheta domestica*)

Gryllidae-heimoon kuuluva kotisirkka (*Acheta domestica*) on peräisin Pohjois-Afrikasta (Horppu, Hulshof & Koskula 2017, 7). Kotisirkkaa tuotetaan elintarvikkeeksi ja lemmikkiruoksi ja se on suosituin kaupallisesti kasvatettava hyönteislaji. Thaimaassa sirkkakasvattajat ovat tuottaneet sirkkojen lisäksi frassista valmistettua lannoitetta. (Hulden 2015, 233, 235.)

Kotisirkalla on kolme kehitysvaihetta: muna, toukka eli nymfi ja aikuinen. Nymfit ovat aikuisen näköisiä, mutta ovat siivettämiä ja aikuista pienempiä. (Cloutier 2015, 54.) Nymfivaiheen aikana on 8–9 muodonmuutosvaihetta ennen kuin kotisirkka on aikuinen (Clifford & Woodring 1990, 4). Aikuisen sirkka on noin 2,5 cm pitkä, vaaleanruskea ja sillä on musta raita silmien välissä. Naaraan (Kuvio 3) erottaa sen takaosassa olevasta munanasettimestä ja se on urosta isompi. (Cloutier 2015, 54.)



KUVIO 3. Aikuinen kotisirkka. "*Acheta domestica*? Gryllidae. Female" by gailhampshire is licensed under CC BY 2.0

Kotisirkat syövät kasveja ja muita hyönteisiä. Ruoan puutteessa ne saattavat syödä myös oman lajin munia, joten kasvatusolosuhteissa eri kehitysvaiheet kannattaa erotella toisistaan. Kasvatusolosuhteissa kotisirkkoja voidaan ruokkia esimerkiksi kananrehulla, lisänä voidaan antaa ylijäämävihanneksia ja -hedelmiä. Sirkkoille pitää olla tarjolla vettä, mutta sellaisessa muodossa/astiassa, etteivät sirkat huku. Kasvatuslaatikon pitää olla tehty materiaalista, jota sirkat eivät pysty syömään. Sirkkojen karkaamisen estämiseksi laatikon reunojen pitää olla tarpeeksi korkeat ja kantena olla materiaalia, joka takaa ilmankierron laatikossa. Kansi estää myös muiden eläinten pääsyn laatikkoon. Lämpötila vaikuttaa sirkkojen kasvunopeuteen. 30°C:ssa sirkat kasvavat aikuisiksi 8 viikossa ja 18°C:ssa 8 kuukaudessa. (Cloutier 2015, 55–56.)

National Post julkaisi 23.1.2017 artikkelin (viitattu 24.3.2020), jossa haastateltiin sirkankasvattajaa, Jakob Dzambaa. Dzamba kertoo tuottavansa 10 000–12 000 paunaa (noin 4 500–5 400 kg) sirkkoja ja noin 6000 paunaa (noin 2700 kg) frassia kuukaudessa.

4 HYÖNTEISLANNAN KÄYTTÖ LANNOITTEENA

Hyönteistuotanto on vielä varsin uusi ala ja Suomessa tuotannossa on keskitytty enemmän elintarvikealaan kuin muihin aloihin. Sivutuotteiden hyödyntäminen on noussut hitaammin pinnalle ja tämän takia julkaistuja tutkimuksia hyönteislannoitteiden vaikutuksista on varsin vähän. Ulkomaisilta markkinoilta löytyy jo hyönteisten frassista valmistettuja lannoitteita ja myös kotimaisille markkinoille on ilmestynyt Biolanin kotisirkkalannoite (Taulukko 1). (Biolan 2019, viitattu 28.11.2019.) Sirkkatuotannon sivuvirtojen käsittelylle ei ole EU:ssa luotu yhtenäisiä vaatimuksia, joten Suomen Ruokavirasto loi oman kansallisen ohjeen, joka perustuu tuotantoeläinten lannan käsittelyn vaatimukseen (Ruokavirasto 2020 4; Biolan 2019, viitattu 28.11.2019.)

Taulukkoon 1 on koostettu löytyneitä kaupallisten hyönteisfrassilannoitteiden myyjiä. Kanadalainen EnterraFrass sekä Yhdysvaltalainen KIS Organics kertovat nettisivuillaan mustasotilaskärpäsien toukan frassin olevan luonnonmukainen lannoite. Molemmat yritykset kertovat tuotteen sisältävän hyödyllisiä mikrobeja, jotka edistävät kasvin kasvua. (KIS Organics 2020, viitattu 24.3.2020; EnterraFrass 2019, viitattu 24.3.2020.) Kanadalainen Frass Forward kertoo sirkan frassin edistävän kasvin kasvua sekä frassin sisältämän kitiinin auttavan kasvia suojautumaan patogeeneja ja tuholaisia vastaan. (Frass Forward 2016, viitattu 24.3.2020.) Space Coast Mealworms -yrityksen nettisivuilla kerrotaan jauhopukin frassin olevan täysin lisäaineeton ja luonnollinen lannoite (Space Coast Mealworms 2020, viitattu 24.3.2020).

TAULUKKO 1. Kooste yrityksistä, jotka myyvät frassista valmistettua lannoitetta, sekä lannoitteen NPK arvot.

Yritys	Laji	NPK
EnterraFrass ¹	Mustasotilaskärpäsen toukka	3-1-3
KIS Organics ²	Mustasotilaskärpäsen toukka	3-2-4
Frass Forward ³	Sirkka	N-4 P ₂ O ₅ -4 K ₂ O-3
Biolan ⁴	Kotisirkka	4-1-1
Space Coast Mealworms ⁵	Jauhopukki	4-3-2

¹EnterraFrass 2019, viitattu 24.3.2020.

²Lähde KIS Organics 2020, viitattu 24.3.2020

³Frass Foward 2016, viitattu 24.3.2020

⁴Biolan 2020, viitattu 24.2.2020

⁵Space Coast Mealworms 2020, viitattu 24.3.2020

Biolan Yrtti- ja taimilannoite

Vuonna 2019 Biolan toi ensimmäisenä EU:ssa markkinoille lannoitteen, joka on jalostettu hyönteiskasvatuksen sivutuotteena syntyneestä frassista. Frassi on peräisin Tammelasta, jossa on noin 1,2 miljoonan kotisirkan kasvattamo. Frassi koostuu lannan lisäksi kasviperäisestä sirkkojen rehusta sekä sirkkojen kuorista. Frassi pakastetaan tilalla, jotta eläviä sirkkoja tai muita sirkkojen kehitystasteita ei pääse leviämään tilalta. Biolanilla frassi kuumennetaan ohjeiden mukaan yli +70 °C:ssa vähintään tunnin ajan, jonka jälkeen se jauhetaan. Biolan suosittelee lannoitteen käyttöä yrteille, salaateille, parvekekukille sekä tomaattien ja chilien taimille. (Biolan 2019, viitattu 28.11.2019.) Lannoitteessa on kokonaistyyppiä 4 % kuiva-aineesta, josta vesiliukoista on 0,2 %. Kokonaisfosforia on 1 %, josta vesiliukoista on 0,3 %. Kokonaiskaliumia on 1 %. (Biolan 2020, viitattu 24.2.2020.) Tuomas Peltto-Huikko kertoo Maaseudun tulevaisuudessa 15.1.2019, että lannoitteen erikoisuus on sirkan kuorien sisältämä kitiini, joka kiihdyttää kasvien kasvua, tekee kasveista terveitä ja voimakkaita sekä lisää vastustuskykyä (Ala-Siurua 2019, viitattu 28.11.2019).

Tutkimus mustasotilaskärpäsien frassin vaikutuksesta lannoitteena

Holger Zahn teki vuonna 2017 kuusi viikkoa kestäneen kasvatuskokeen, jossa tutkittiin miten mustasotilaskärpäsien tuottama frassi vaikutti kevätsipulin kasvuun ja maan viljavuuteen. Kontrollina käytettiin lannoittamatonta käsittelyä. Kontrollin ja frassin lisäksi käsittelyinä kokeessa oli kaupallinen lannoite sekä komposti, joka sisälsi avokadoja, banaaneja ja mangoja. Frassia, kompostia ja kaupallista lannoitetta annosteltiin eri grammamääriä ruukkuihin. Kaiken kaikkiaan ruukkuja oli kokeessa 48 kappaletta. Kokeessa ei todettu tilastollisesti merkittäviä eroja frassin ja kompostin tulosten välillä. Suurin osa lannoitteiden lisäyksistä vaikutti positiivisesti kasvien kasvuun kontrolliin verrattuna. Kokeessa huomattiin myös frassin ja kompostin nostavan maan johtokykyä enemmän kuin käytetty kaupallinen lannoite. (Holger Zahn 2017, 3, 14, 21, 41.)

Vaikka koe toteutettiin pienimuotoisesti sisätiloissa, se antaa pohjaa tuleville kokeille osoittamalla frassin olevan varteenotettava korvike tavanomaisille lannoitteille. Frassin hyötykäytön tutkimuksilla voitaisiin nostaa hyönteistuotannon kannattavuutta ja houkuttelevuutta ja täten myötävaikuttaa ruokaturvaan globaalisti. Mahdolliset frassin positiiviset vaikutukset tauteja ja patogeeneja vastaan sekä sen alhainen hinta kaupalliseen lannoitteisiin ja tuotettuun satoon nähden, voivat auttaa monia pientilijää ja näin ollen parantaa ruokaturvaa. (Holger Zahn 2017, 42–43.)

5 HYÖNTEISTUOTANNON SIVUTUOTTEIDEN KÄSITTELYVAATIMUKSET

Ruokavirasto on laatinut hyönteistuotantoa koskevan ohjeen, jossa selvitetään hyönteistuotantoa koskevaa lainsäädäntöä sekä lainsäädännön soveltamista hyönteistuotantoon.

Sivutuoteasetuksessa (EY) N:o 1069/2009 luokitellaan eläimistä saatavat sivutuotteet. Lannan lisäksi hyönteistuotannossa syntyy sivutuotteena hyönteisten osia, itsestään kuolleita hyönteisiä, toukannahkoja, koteloita sekä käytettyjä munitusalustoja. Lantaa lukuun ottamatta edellä mainitut kuuluvat sivutuoteluokkaan 3. Lanta kuuluu sivutuoteluokkaan 2, johon kuuluvat myös kuolleet hyönteiset, joilla on ollut jokin eläintauti. Kansallisen tulkinnan mukaan hyönteisten lanta voi sisältää ulosteen lisäksi syömätöntä rehua, hyönteisten osia tai itsestään kuolleita hyönteisiä. Syntyvistä sivutuotteista tulee pitää kirjanpitoa, josta ilmenee sivutuotteiden määrä, sivutuoteluokka, käsittely- tai hävityspaikka sekä toimitusajankohta käsittelyyn tai hävitykseen. Kirjanpito pitää toimittaa Ruokavirastoon pyydettäessä. (Hyönteiset elintarvikkeena 2020, 19–21.)

Sivutuotteiden käsittelyssä pitää huolehtia, ettei niiden välityksellä pääse ympäristöön eläviä hyönteisiä tai niiden eri kehitysvaiheita. Tämän takia sivutuotteet pitää käsitellä ennen tuotantotiloista poistamista niin, että elinkykyiset yksilöt ja munat tuhoutuvat sivutuotteista. Tämä vaatii sivutuotteiden pakastamisella vähintään 24 tuntia $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa tai kylmemmässä. Jos sivutuotteet pakastetaan samassa pakastimessa elintarvikehyönteisten kanssa, sivutuotteille täytyy olla omat laatikot tai lokerot sekä sivutuotteisiin pitää merkitä sivutuoteluokka sekä maininta ”ei ihmisravinnoksi”. (Hyönteiset elintarvikkeena 2020, 19–20.)

Pakastamisen jälkeen hyönteisten lantaa voidaan käyttää omalla tilalla sellaisenaan tai käsiteltynä (esimerkiksi kompostina). Lantaa voidaan myös sopimuksesta luovuttaa tilalta toiselle. Pellolle levitettävä lanta ei saa aiheuttaa minkään vakavan tartuntataudin leviämiskä. Lannan varastoinnissa ja levittämisessä tulee seurata ympäristölainsäädännön vaatimuksia. (Hyönteiset elintarvikkeena 2020, 20.)

Jos lantaa halutaan jatkojalostaa markkinoitavaksi lannoitteeksi, toiminalle pitää hakea Ruokaviraston hyväksyntä. Lannan pakkaaminen ja luovuttaminen lannoitekäyttöön on osa lannoitevalmistuksen valmistusta. Lannoitekäyttöön tarkoitettu hyönteisten lanta pitää käsitellä vähintään 70

°C:ssa vähintään 60 minuutin ajan. Hyönteisten sivutuotteita voidaan luovuttaa Ruokaviraston hyväksyntään kompostointi- ja biokaasulaitoksiin sekä lannoitteita ja maanparannusaineita valmistaviin laitoksiin. (Hyönteiset elintarvikkeena 2020, 20.)

Lannoitevalmistelaki säätelee lannoitevalmisteiden valmistusta ja käyttöä. Lannoitevalmisteen pitää sisältää riittävästi ravinteita tai muita ominaisuuksia, jotta se parantaa kasvien kasvua tai kasvulosuhteita. Lannoitevalmisteen soveltuvuutta arvioidessa kiinnitetään huomiota siihen, ovatko ravinteet tuotteessa kasveille käyttökelpoisessa muodossa sekä kuinka paljon tuote sisältää haitallisia aineita. Lannoitevalmiste ei saa aiheuttaa haittaa kasveille, eläimille, ympäristölle tai ihmisille. (Ruokavirasto 2020, viitattu 2.4.2020.)

6 LANNOITUSKOE

6.1 Aineisto ja menetelmät

Lannoituskoe suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun Kotkantien kampuksen tiloissa 05.03.–20.5.2019. Koekasvina käytettiin lehtisalaattia. Salaatti sopi kasvatusolosuhteisiin, koska se on nopeakasvuinen ja se tuottaa tarpeeksi suurta lehtialaa, jonka eroilla voitiin vertailla salaatin kasvua ja lannoituksen vaikutusta.

Lannoituskokeessa käytettiin jauhopukin, kotisirkan ja mustasotilaskärpäsen frassia. Jauhopukin frassi oli kerätty vuoden 2018 maaliskuun ja lokakuun välisenä aikana ja sitä oli säilytetty huoneenlämmössä kannellisissa astioissa. Jauhopukeille oli annettu rehuksi kaurahiutaleita ja porkkanoita. Jauhopukeilla on tapana syödä omaa lantaansa, mikä vaikuttaa lannan koostumukseen. Kotisirkan frassi oli kerätty vuoden 2018 marraskuussa ja sitä oli säilytetty pihalla ennen Oamkin kampukselle toimitusta. Mustasotilaskärpäsen toukat oli syötetty kanan rehulla (Milka). Frassi oli seulottu tilalla 2 mm seulalla toukkien erottamiseksi frassista. Frassia oli pidetty pakastimessa yön yli mahdollisten toukkien eliminoimiseksi, jonka jälkeen frassia on kuivatettu kolme vuorokautta 30 °C:ssa. Kontrollina lannoituskokeessa oli lannoittamaton käsittely ja kaupallisena lannoitteena Kekkilän luomu kanankakka.

Koe toteutettiin täydellisesti satunnaistettuna kokeena. Jokaisesta käsittelystä tehtiin viisi toistoa, yhteensä 25 kasvatusruukkua. Salaatin lehden kasvua seurattiin jokaisen kastelukerran yhteydessä. Viikoittain jokainen salaatti kuvattiin ruutupaperikauluksen avulla, jotta koon seuraaminen kuvien avulla olisi helpompaa. Ruutupaperi asetettiin salaatin tyvelle, lehdet paperin yläpuolelle. Vanhoja, kuivuneita kasvulehtiä poistettiin tasaisesti kokeen aikana. Kasvualustan johtokykyä seurattiin jokaisen kosteusmittauksen yhteydessä. 11 kasvatusviikon jälkeen koe päätettiin ja tuore- ja kuivapainot mitattiin. Salaattien kuivapainosta määritettiin nitraattipitoisuudet.

6.1.1 Ravinneanalyysit

Frassin annostelua varten selvitettiin niiden kokonaistyyppipitoisuus. Frasseista tehtiin ravinneanalyysi Oamkin laboratoriossa ennen kokeen aloittamista. Frasseja säilytettiin ennen ravinneanalyysia pakastimessa, josta ne sulatettiin kylmiössä viikonlopun yli. Frassit kuumakäsiteltiin n. 75 °C:ssa 1,5 tunnin ajan. Lannan pakastaminen ja kuumakäsittely vähintään tunnin ajan yli 70 °C:ssa ovat käsittelyitä, jotka Ruokavirasto vaatii markkinoille tarkoitetulta lannoitteelta (Ruokavirasto 2020, 19–20). Määritykset tehtiin kuumakäsitellyistä sekä käsittelemättömästä frassista. Tulokset ovat taulukossa 2 sekä tarkemmat ravinnetulokset liitteessä 1.

Kokonaistyyppi määritettiin modifioidulla Kjeldahl-menetelmällä eli SFS 5505 -standardilla (Taulukko 2). Rinnakkaisia näytteitä oli neljä kappaletta käsittelemättömästä frassista ja kuumakäsittelystä frassista näytteitä oli kolme kappaletta. Jauhopukin frassin tyyppipitoisuus oli 4,3 % tuorepainosta. Kotisirkan frassin tyyppipitoisuus oli 3,7 % tuorepainosta ja mustasotilaskärpäsän toukan frassin tyyppipitoisuus oli 2,0 % tuorepainosta.

Frassien pH:n määrittäminen tehtiin SFS-EN 13037 -menetelmällä, jossa frasseja liuotettiin veteen ravistuskoneessa tunnin ajan, jonka jälkeen pH mitattiin seoksesta. Kuumakäsittelyn mustasotilaskärpäsän frassin pH oli 8,2 ja kotisirkan 8,3. Kuumakäsittelyn jauhopukin frassin pH oli 5,3.

TAULUKKO 2. Taulukossa on esitetty kokonaistypen tulokset käsittelemättömistä sekä kuumakäsitellyistä frasseista. Kokonaistypen tulokset on ilmoitettu prosentteina tuorepainosta.

	Kokonaistyyppi	Keskihajonta
Kuumakäsitelty	N=3	
Jauhopukin frassi	4,3%	0,61
Mustasotilaskärpäsén toukan frassi	1,9%	1,36
Kotisirkan frassi	3,7%	0,53
Käsittelemätön	N=4	
Jauhopukin frassi	4,3%	1,18
Mustasotilaskärpäsén toukan frassi	2,0%	0,10
Kotisirkan frassi	3,5%	0,86

6.1.2 Kokeen perustaminen

Lannoitteet sekoitettiin kasvatusalustan sekaan ennen kylvöä. Lannoitustason määrittämisessä käytettiin kaupallisen lannoitteen annosteluohjetta. Lannoitemäärät määritettiin ravinneanalyyysien perusteella niin, että typen osuus oli jokaiselle salaatile sama, eli 0,5 grammaa. Taulukossa 3 on esitetty jokaisen lannoitteen määrät ruukku kohden. Kekkilän luomu kanankakan NPK on 4-1-2. Kasvatusalusta koostui broilerin lantakompostista, vaaleasta kasvuturpeesta ja hiekasta. Kasvatusalustan ravinnepitoisuudet olivat:

Typpi (N) vesiliukoinen	60 mg/l
Fosfori (P) liukoinen	43 mg/l
Kalium (K) liukoinen	314 mg/l

Siemenet kylvettiin taimimultaan 5.3.2019. Siementen itävyysprosentti oli 84 %. Tavoitteena oli saada jokaiseen ruukkuun itämään yksi elinkelpoinen taimi. Itävyysprosentti huomioitiin kylvämällä yhteen 11 cm kokoiseen ruukkuun kolme salaatin siementä, noin 0,5 cm syvyyteen. Ylimääräiset

taimet poistettiin myöhemmin, kun valtaosalla taimista kasvulehdet alkoivat kasvamaan. Jokaisen ruukun alle laitettiin kaksi pakastepussia, jotta ylivuotavan kasteluveden mukana kulkeutuvat ravinteet eivät sekoittuisi ruukkujen kesken.

TAULUKKO 3. Lannoitemäärät määritettiin kokonaistypen perusteella.

Lannoite	Määrä (g/ruukku)
Kekkilän luomu kanankakka	14 g
Jauhopukin frassi	13,6 g
Kotisirkan frassi	14,9 g
Mustasotilaskärpäsän toukan frassi	28 g

6.1.3 Kokeen olosuhteet

Hallitsemattomien ympäristötekijöiden, kuten vedon ja lämpötilan, aiheuttamaa virhettä salaatin kasvuun haluttiin minimoida, joten ruukkujen paikkoja kierrätettiin kasvatustilassa kerran viikossa. Kasvatustilan lämpötilaa seurattiin kasvatusalueelta jokaisen kastelukerran yhteydessä eli noin kolme kertaa viikossa. Lämpötila pysyi 19–20 °C:ssa koko kokeen ajan.

Kasvatusalustojen kosteutta seurattiin 25.3.2019 alkaen Grodan WCM -kosteusmittarilla, jonka kosteusprosentin mukaan annosteltiin kasteluveden määrä ruukkuihin. Kosteusmittari mittasi kasvualustan vesitilan tilavuusprosenttia ja johtokykyä. Tätä ennen jokaista koejäsentä kasteltiin saman verran, 1–2 desilitraa. Kasteluveden määrittämisellä sopivaksi jokaiselle koejäsenelle minimoitiin liiallisen tai liian vähäisen veden vaikutus kokeeseen. Kosteusprosentin lisäksi annosteltavaan kasteluveden määrään vaikuttivat salaatin koko sekä tulevan kastelukerran ajankohta. Tavoitekosteutena oli lähtökohtaisesti noin 50 tilavuusprosenttia.

Valaistus jakaantui epätasaisesti kasvatustilassa, valonmäärä vaihteli kasvatusalueella 2 100:n ja 3 900:n luksin välillä. Paikkojen luksasteet on ilmoitettu liitteessä 2. Kasvatustilassa oli automaattinen valaistus ja valaistus oli päällä 12 tuntia päivässä.

6.1.4 Kokeen toteutus

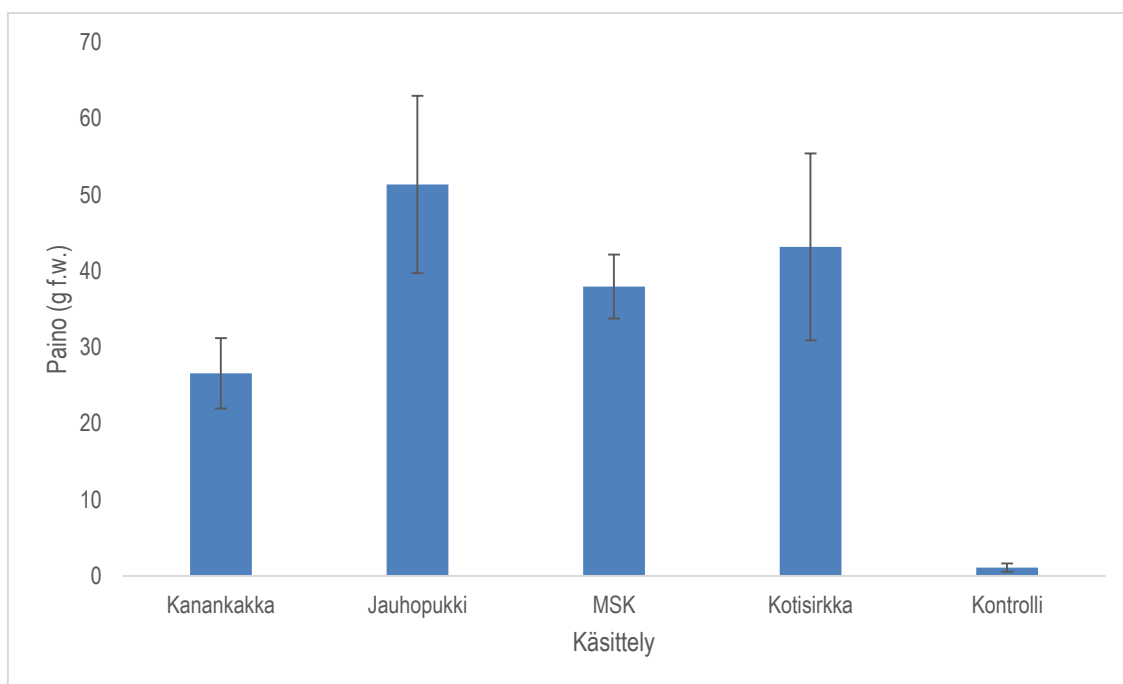
1.4.2019, kuukausi kylvön jälkeen, ruukuista poistettiin ylimääräiset taimet niin, että jokaiseen ruukuun jäi yksi taimi. Saman lannoituskäsitelyn saaneet salaattit eroteltiin omiksi ryhmikseen ja saman ryhmän salaatteja verrattiin toisiinsa. Ensisijaisesti kasvamaan pyrittiin jättämään samankokoisia taimia. Muita kriteereitä olivat taimen keskeinen sijainti ruukussa sekä mahdollisimman monen kasvulehden esiintyminen.

20.5.2019 salaatin tuorepaino mitattiin leikkaamalla ja punnitsemalla kasvualustan päällinen kasvusto. Tämän jälkeen salaattit pilkottiin ja asetettiin dekantterilaseihin, joissa ne kuivattiin 105 °C:ssa 20 tuntia ja 35 minuuttia. Kuivatuksen jälkeen punnittiin salaatin kuivapaino ja määritettiin nitraattipitoisuudet. Nitraatin määrittämiseen käytettiin NMKL menetelmää nro. 165, 2000.

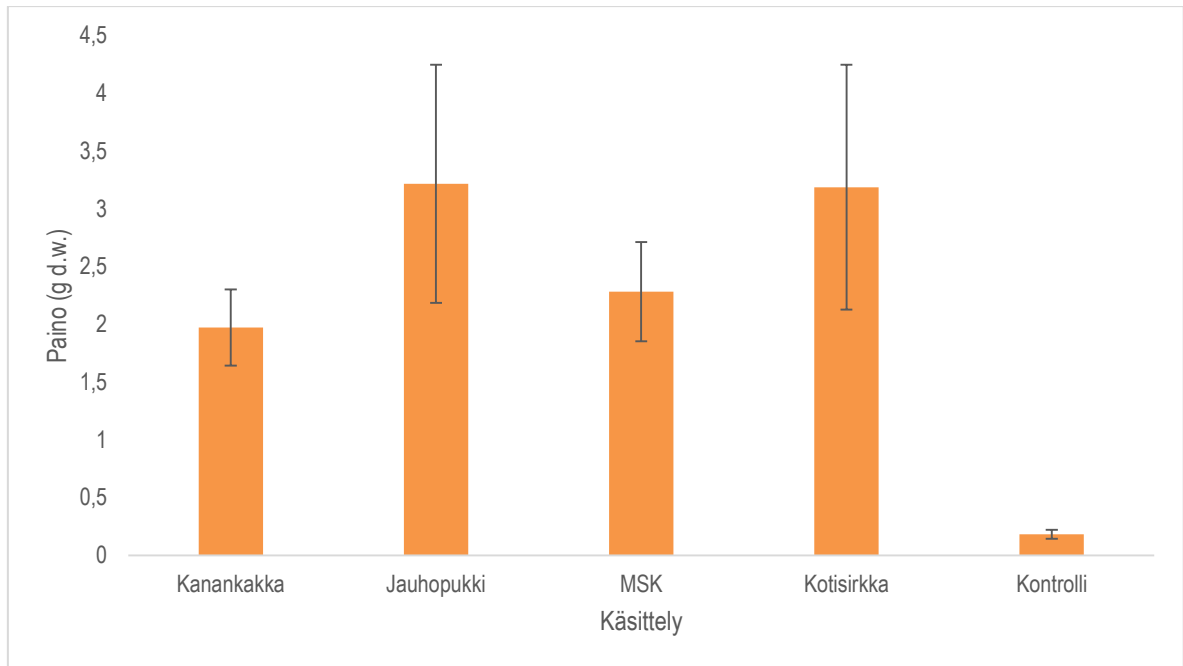
6.2 Tulokset ja tulosten tarkastelu

6.2.1 Satotulokset

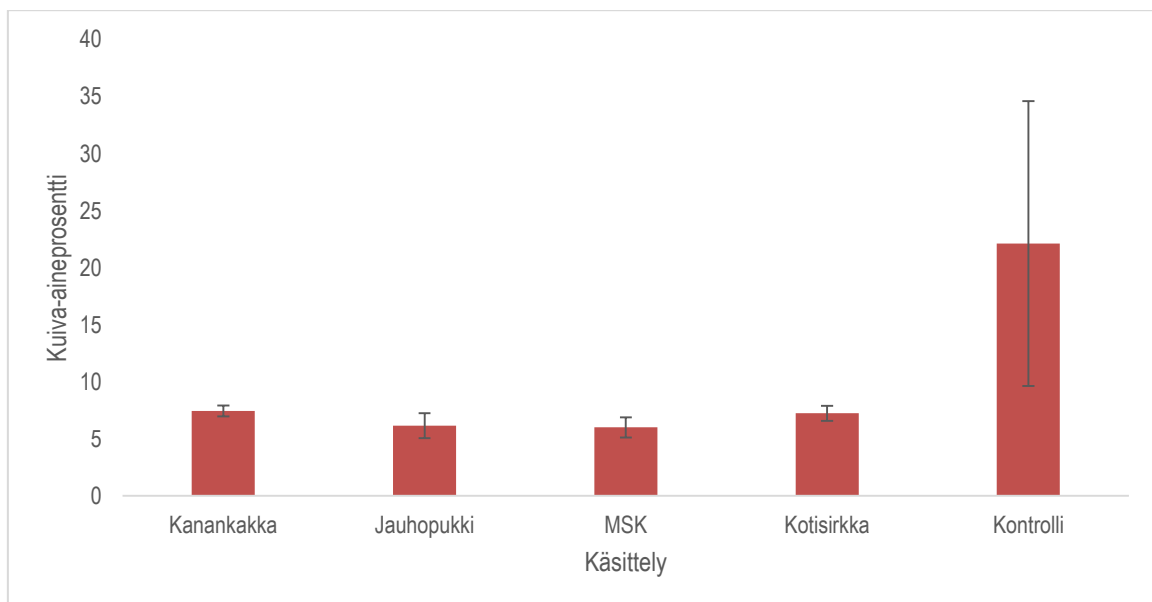
Korkein tuorepaino (Kuvio 4) kokeessa oli jauhopukin frassilla lannoitetuilla salaateilla, keskiarvo oli 51 (s.d.11,63) grammaa. Kotisirkan frassilla lannoitettujen salaattien tuorepainon keskiarvo oli 43 (s.d. 12,26) grammaa ja mustasotilaskärpäsén toukan frassilla lannoitettujen salaattien 38 (s.d. 4,2) grammaa. Kaupallisella lannoitteella lannoitetut salaattit jäivät kooltaan pienimmiksi, 27 (s.d. 4,61) grammaan. Jauhopukin ja kotisirkan frassilla lannoitetuilla salaateilla on kuitenkin suurta hajontaa. Kuviossa 5 on kuvattu salaattien kuivapainot. Salaattien kuiva-aineprosentit on esitetty kuviossa 6. Kaikkien lannoitettujen salaattien kuiva-aineprosentit jäivät alle 10 %:n. Pienen tuorepainon takia kontrollien kuiva-aineprosentit ovat korkeita.



KUVIO 4. Kuviossa on esitettynä salaattien tuorepainot (g) kokeen päätyessä. MSK on lyhenne mustasotilaskärpäsén toukasta. Pylväät esittävät keskiarvoa (n=5) ja virhepalkit osoittavat keskihajontaa.



KUVIO 5. Kuviossa on esitettynä salaattien kuivapainot (g) kokeen päättyessä. MSK on lyhenne mustasotilaskärpäsien toukasta. Pylväät esittävät keskiarvoa ($N=5$) ja virhepalkit osoittavat keskihajontaa.



KUVIO 6. Kuviossa on esitettynä salaattien kuiva-aineprosentit. MSK on lyhenne mustasotilaskärpäsien toukasta. Pylväät esittävät keskiarvo ($N=5$) ja virhepalkit osoittavat keskihajontaa.

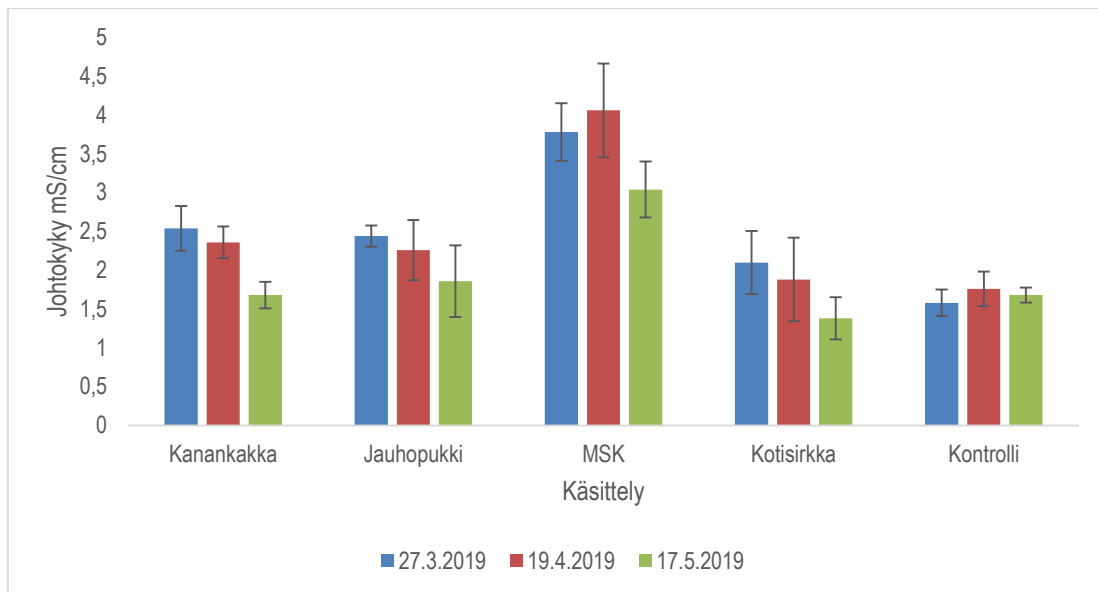
Nitraattia löytyi seitsemästä näytteestä, eli 28 %:sta tutkituista näytteistä (Taulukko 4). Salaatin nitraatin sallittu pitoisuus tuoreella salaatilla, jonka sato on korjattu 1.4. – 30.9. on 3 000–4 000 mg NO₃/kg, riippuen onko salaatti kasvatettu avomaalla vai katteen alla. (EY N:o 1881/2006). Nitraattipitoisuudet jäivät reilusti alle sallitun enimmäismäärän. Tulokset ovat vain viitteellisiä, koska määrittämisessä käytettiin varmentamatonta analyysimenetelmää.

TAULUKKO 4. 25 salaatista, nitraattia löytyi seitsemästä yksilöstä. Taulukossa nitraattipitoisuus on ilmoitettu mg/kg tuorepainosta.

Koejäsen	Nitraatin määrä (mg/kg)
Jauhopakki 2C	255
Jauhopakki 2D	23
Mustasotilaskärpänen 3B	7
Mustasotilaskärpänen 3D	24
Kotisirkka 4D	1
Kontrolli 5A	8
Kontrolli 5E	31

6.2.2 Kasvatusalustan johtokyky

Kuviossa 7 on koostettuna kasvualustan johtokyvyn lukemat kasvatusviikoilta 3, 6 ja 10. Mustasotilaskärpäsen toukan frassilla lannoitettujen ruukkujen johtokyky nousi kokeen puolivälissä korkeammaksi kuin kokeen alussa, kun muilla frasseilla lannoitettujen ruukkujen johtokyky laski kokeen loppua kohden. Kasvun aikana ravinteiden määrä pienenee kasvualustassa, mikä johtaa johtokyvyn pienentymiseen. Mustasotilaskärpäsen toukan frassilla lannoitetuissa ruukuissa johtokyky oli kokeen aikana huomattavasti suositeltua korkeampi, 3–4 mS/cm. Kanankakalla ja jauhopakkin frassilla lannoitettujen ruukkujen johtokyvyt olivat keskenään samankaltaiset ja kotisirkan frassilla lannoitettujen ruukkujen johtokyky oli kokeen aikana lannoitteista lähimpänä suositusta. Suositeltu kasteluliuoksen johtokyky salaateilla on 1,5–2,0 mS/cm (Voipio 2001, 174). Ketola (2012, 4) viittaa opinnäytetyössään Masonin (1990) julkaisuun, jossa satotason on todettu jäävän pienemmäksi, jos johtokyky on yli 2,0 mS/cm.



KUVIO 7. Kuviossa on koostettu johtokyvyn (mS/cm) lukemia kasvatuskokeen ajalta. Palkit esittävät keskiarvoa (n=5) ja virhepalkit osoittavat keskihajontaa. MSK on lyhenne mustasotilaskärpäsen toukasta.

6.2.3 Kasvuhavainnot

Kekkilän luomu kanankakan vaikutukset salaatin kasvuun

Kaupallisella lannoitteella lannoitetut salaattit aloittivat kasvun alussa hyvin ja kasvoivat tasaisesti kokeen ajan. Kasvu alkoi hidastumaan kokeen loppua kohden, mikä voidaan havaita tuore- ja kuivapainon tuloksissa. Kanankakalla lannoitetut salaattit jäivät keskiarvoltaan kokeen pienimmiksi (pois lukien kontrolliryhmä).

Kanankakalla lannoitettujen salaattien juuret olivat kasvaneet tasaisesti ruukun sisällä kasvatusalustan ympärille, mutta juuristoa oli vähemmän verrattuna muiden lannoitteiden ruukkuihin. Kuviossa 8 on koostettuna kuvia salaattista, joka lannoitettiin kanankakalla.



KUVIO 8. Ylärivillä on kanankakalla lannoitettu salaatti kasvatusviikoilla 4, 6, 8, 10 ja alarivillä kuvat kasvatusviikolta 11, jolloin koe päätettiin.

Jauhopukin frassin vaikutukset salaatin kasvuun

Jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien kasvu oli alussa hidasta ja koko pientä kasvatusviikoille 5 ja 6 asti. Lopulta jauhopukin lannalla lannoitetut salaatit olivat tuorepainoltaan kokeen suurimpia. Jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien suurimman ja pienimmän salaatin tuorepainojen ero oli noin 20 grammaa, mutta kokoerolle ei ilmennyt erityistä syytä.

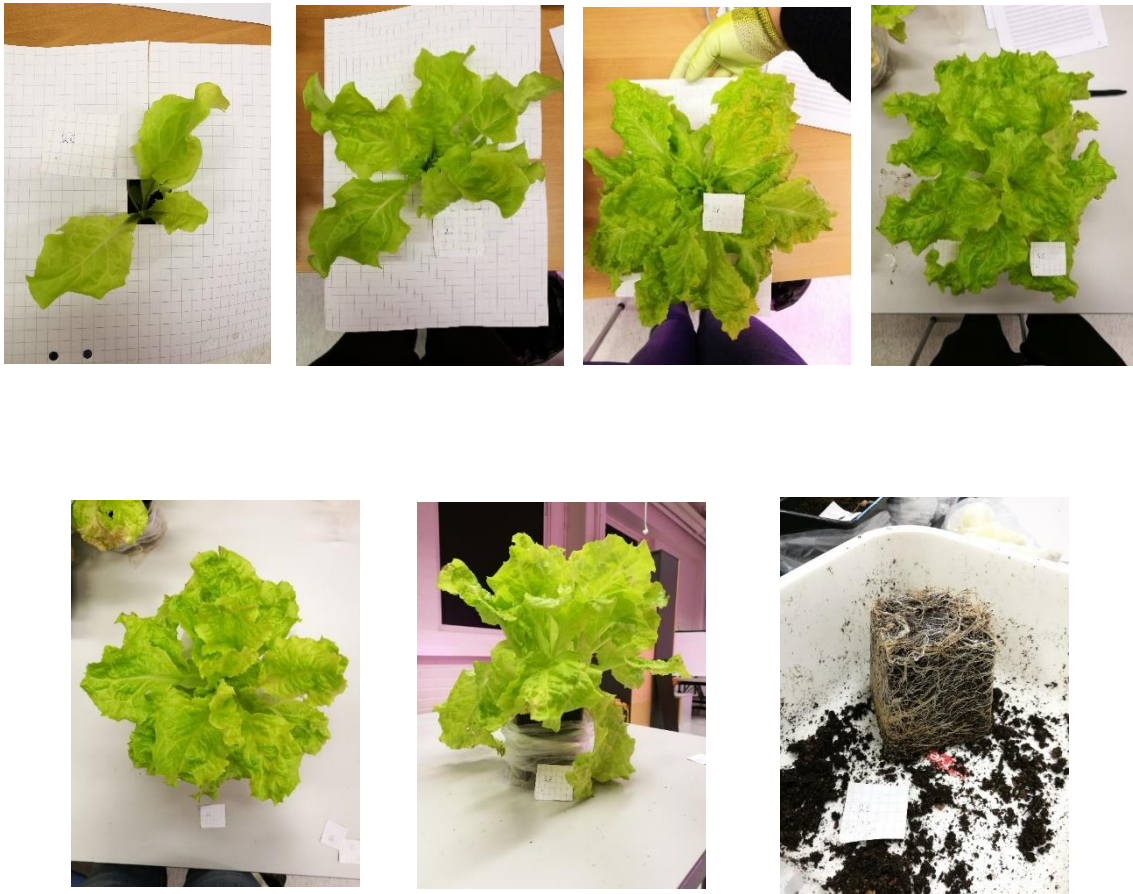
Muihin lannoitteisiin verrattuna jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien siemenet itivät huonoten, sillä kahdessa ruukussa kasvuun lähti vain yksi siemen kolmesta kylvetystä siemenestä. Syitä huonoon itävyyteen ei ilmennyt kokeen aikana.

Yhden salaatin kasvu oli vaivalloista kasvatusviikolle 7 asti, jolloin kasvulehdet alkoivat kasvaa paremmin (Kuvio 9). Lehdet kasvoivat kuitenkin lopulta vain velttoina ja ohuina. Salaatin juuristo oli muita jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien juuria pienimpi ja ohuempi. Tuore- ja kuivapainoltaan yksilö jäi muista jauhopukin frassilla lannoitetuista salaateista jälkeen. Kyseisestä yksilöstä löytyi nitraattia eniten kasvatuskokeen salaateista, eli 255 mg/kg. Nitraattipitoisuus on kuitenkin sallitun rajoissa.

Kuviossa 10 on jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien parhaiten kasvanut salaatti. Yksilöiden juuristoista voidaan myös huomata eroavaisuuksia, sillä kuvion 10 salaatin juuristo peittää koko kasvualustan vahvana ja tiheänä, kun kuvion 9 salaatin juuristo ei ole yhtä tiheä ja peittävä.



KUVIO 9. Ylärivillä on jauhopukin frassilla lannoitettu salaatti kasvatusviikoilla 4, 6, 8 ja 10. Alarivillä kuvat kasvatusviikolta 11, jolloin koe päätettiin.

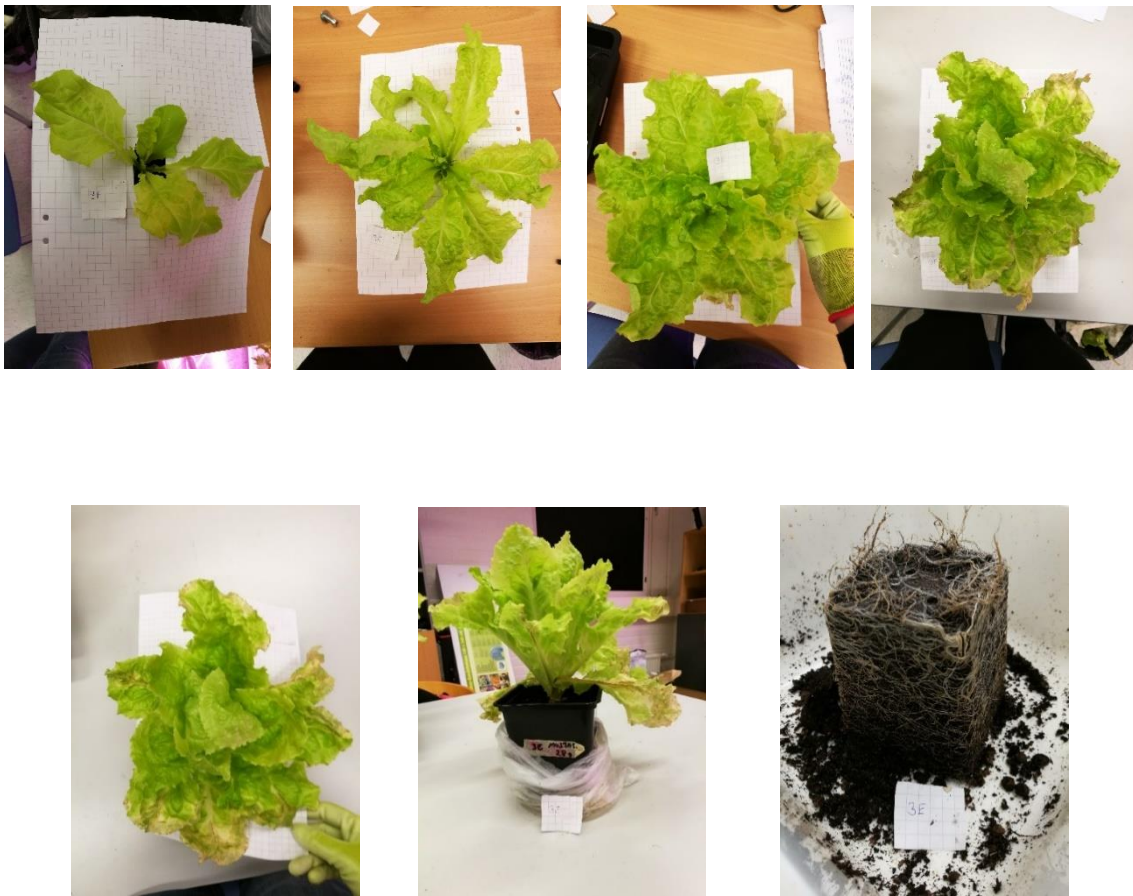


KUVIO 10. Ylärivillä on jauhopukin frassilla lannoitettu salaatti kasvatusviikoilla 4, 6, 8 ja 10. Alarivillä kasvatusviikko 11, jolloin koe päätettiin.

Mustasotilaskärpäsen toukan frassin vaikutukset salaatin kasvuun

Mustasotilaskärpäsen toukan frassilla lannoitettujen salaattien kasvu kiihtyi kasvatusviikolla 6, jota ennen kasvu oli jauhopukin frassilla lannoitettujen salaattien tavoin hitaampaa. Yksi salaateista kasvoi muita suurempana jo kasvatusviikolla 4 (Kuvio 11). Salaattien kasvu oli nopeampaa kuin kaupallisella lannoitteella lannoitetuilla salaateilla, mutta ei yhtä nopeaa kuin jauhopukin ja kotisirkan frasseilla lannoitetuilla salaateilla. Mustasotilaskärpäsen toukan frassilla lannoitettujen salaattien välillä oli vähemmän hajontaa kuin muiden lannoituksen saaneiden salaattien välillä oli.

Kasvualustan johtokyky oli koko kokeen ajan korkealla. 27.3.2019 johtokyky oli keskiarvoltaan 3,8 mS/cm mutta 19.2019 keskiarvo nousi 4,1:een ms/cm ja lopulta 17.5.2019 laski 3,0:aan mS/cm. Korkea johtokyky voi olla yksi tekijä kasvun hitaudelle.



KUVIO 11. Ylärivillä on mustasotilaskärpäsén toukan frassilla lannoitettu salaatti kasvatusviikoilla 4, 6, 8 ja 10. Alarivillä kasvatusviikko 11, jolloin koe päätettiin.

Kotisirkan frassin vaikutukset salaatin kasvuun

Kotisirkan frassilla lannoitettujen salaattien kasvu alkoi muita salaatteja nopeammin, jo kasvatusviikolla 4 kokoeroa oli muihin salaatteihin. Kasvu oli muita salaatteja nopeampaa ja lehdet suurempia ja vahvempia yhtä yksilöä lukuun ottamatta. 4:nneeltä 9:nnele kasvatusviikolle kuvion 13 salaatin kasvu oli muita kotisirkan frassilla lannoitettuja salaattien kasvua jäljessä, mutta lehdet kasvoivat kuitenkin suurina. Kokeen loppuessa lehdet olivat kuitenkin suikalemaisista, ohuista ja hentoja, minkä vuoksi myös tuorepaino oli muita kotisirkan yksilöitä huonompi. Kyseisen salaatin juuristoa oli vähemmän kasvualustan ympärillä, kun muilla kotisirkan frassilla lannoitetuilla salaateilla juuristo peitti koko kasvualustan. Kuvion 12 salaatti kasvoi vahvana ja tuuheana 5:nnestä ja 6:nnestä kasvatusviikosta alkaen ja siitä mitattiin nitraattia 1 mg/kg.



KUVIO 12. Ylärivillä on kotisirkan frassilla lannoitettu salaatti kasvataviikoilla 4, 6, 8 ja 10. Alarivillä on kasvataviikko 11, jolloin koe päätettiin.



KUVIO 13. Ylärivillä on kotisirkan frassilla lannoitettu salaatti kasvatusviikoilla 4, 6, 8 ja 10. Alarivillä kasvatusviikko 11, jolloin koe päätettiin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lannoituskokeen perusteella hyönteisten frasseilla lannoittaessa saavutetaan jopa paremmat satotulokset salaattilla kuin kaupallisella lannoitteella. Tulokset osoittavat frassin olevan arvokas hyönteistuotannon sivuvirta. Salaateissa ei esiintynyt merkittäviä määriä nitraattia. Eri frasseilla lannoitettujen salaattien satotuloksissa oli kuitenkin huomattavissa eroavaisuuksia.

Kotisirkan frassilla lannoitetut salaattit aloittivat kasvun nopeammin kuin muilla frasseilla lannoitetut salaattit. Kuiva-aineprosentti oli kotisirkan frassilla lannoitetuilla salaateilla suurin, sillä salaattien vahvat ja paksut varret nostivat kuivapainoa. Jauhopukin frassilla lannoitetut salaattit aloittivat kasvun kotisirkan frassilla lannoitettuja salaatteja myöhemmin, mutta olivat kokeen loppuessa tuorepainoltaan suurimmat. Mustasotilaskärpäsän toukan frassilla lannoitetut salaattit kasvoivat hitaimmin. Jauhopukin ja kotisirkan frasseilla lannoitettujen salaattien välillä oli suurta hajontaa suurimman ja pienimmän yksilön välillä. Yksilöiden heikompaan kasvuun ei kuitenkaan ilmennyt erityistä syytä. Kaupallisella kanankakalla lannoitetut salaattit aloittivat kasvun nopeasti, mutta jäivät lannoitetuista salaateista tuorepainoltaan pienimmiksi.

Mustasotilaskärpäsän toukan frassilla lannoitettujen salaattien hidas kasvu voi selittyä kasvualustan korkealla johtokyvyllä. Korkea johtokyky heikentää juurien vedenottokykyä, jolloin myös sato-taso pienenee (Koivunen 1997, 147). Korkean johtokyvyn on huomattu laskevan lehtisalaatin satoa useassa eri kokeessa (Samarakoon, Weerasinghe & Weerakkody 2006, 17). Kasvualustan korkeasta johtokyvystä huolimatta mustasotilaskärpäsän frassilla lannoitetut salaattit olivat tuorepainoltaan kaupallisella lannalla lannoitettuja salaatteja suurempia. Kotisirkan frassilla lannoitettujen salaattien ruukuissa johtokyky oli matalin, mikä voi olla yksi tekijä, miksi salaattit aloittivat kasvun muilla frasseilla lannoitettuja salaatteja aiemmin.

Kokeen tulokset vastasivat Nils Holger Zahnin kasvatuskokeen tuloksia, joissa havaittiin mustasotilaskärpäsän frassin olevan vertailukelpoinen lannoite kaupallisen lannoitteen ja kompostin lisäksi kevätsipulille. Kokeessa havaittiin frassin ja kompostin nostavan maan johtokykyä kaupalliseen lannoitteeseen verrattuna, mikä ilmeni myös tässä lannoituskokeessa. (Holger Zahn 2017, 41.)

Frassien kokonaistypen määrittäminen osoitti, ettei Ruokaviraston vaatimalla kuumakäsittelyllä ollut vaikutusta frassien typpipitoisuuteen. Mustasotilaskärpäsän toukan frassissa typpeä oli noin puolet

vähemmän kuin muissa frasseissa. Jokaiselle salaatille määritettiin sama tyyppitaso lannoituksessa, joten mustasotilaskärpäsän toukan frassia tarvittiin määrällisesti enemmän kuin muita frasseja. Tämä on huomioitava asia mustasotilaskärpäsän toukan frassin käytössä lannoitteena.

Hyönteisten frasseja on hyödynnetty ja markkinoitu luonnollisina ja ympäristöystävällisinä lannoitteina maailmalla. Markkinoilla on saatavilla eri hyönteislajien frassilannoitteita. Kotimaisille markkinoille on tullut Biolanin kotisirkan lannoite, mutta muiden hyönteisten frasseista valmistettuja valmisteita ei ole vielä saatavilla. Kuluttajien kiinnostusta vastaaviin tuotteisiin kannattaisi selvittää ja tuotteita kehittää kiinnostuksen pohjalta.

Lannoituskokeen tulokset toivat lisätietoa MiniEines – Hyönteisistä einestä ja euroja -hankkeelle, jonka kanssa opinnäytetyö toteutettiin. Frassin arvo lannoitteena voi nostaa hyönteistuotannon houkuttelevuutta ja arvoa. Hyönteistuotannon menestyminen määrittää frassilannoitteiden saatavuuden: jos hyönteisten tuottamiselle ei ole kysyntää, ei synny myöskään frassia.

8 POHDINTA

Lannoituskokeen tavoitteena oli selvittää, minkälaisia lannoitevaikutuksia hyönteisten frassilla on salaattilla kaupalliseen lannoitteeseen verrattuna. Oletuksena oli, että frasseilla saavutetaan vähintään yhtä hyvä lannoitusvaikutus kuin kaupallisella lannoitteella. Satotulosten perusteella frasseilla saavutettiin paremmat tulokset kuin kaupallisella lannoitteella, joten opinnäytetyön tavoite täyttyi ja tulokset toivat uutta ja arvokasta tutkimustietoa frassin lannoitevaikutuksista.

Lannoituskokeen tulokset olivat odotusten mukaiset ja antavat uutta käytännöntietoa frassien lannoitekäytölle. Lannoituskokeessa toistoja oli viisi kappaletta yhtä lannoitetta kohden, joten suurempi toistojen määrä takaisi kattavamman lopputuloksen. Koe suoritettiin sisätiloissa, joten frassien lannoitekäyttöä ulkotiloissa tulee vielä tutkia. Frassien lannoitevaikutusta eri kasveille on tarpeen tutkia. Tämän opinnäytetyön tulokset voivat toimia tuleville tutkimuksille lähtötietona ja vertailukohtana.

Frasseista oli vaikea löytää tietoa, mikä vaikeutti opinnäytetyön tekoa. Lisätutkimusta kaivataan frassien sisältämistä ravinteista ja kitiinistä. Suurin osa hyönteisistä voi hyödyntää ravintonaan monipuolisesti erilaisia biomassoja (Heiska & Huikuri 2017, 17), joten eri ravinto voi vaikuttaa frassin ravinnepitoisuuksiin. Selvitystä frassin sisältämän kitiinin määrästä tarvitaan, sillä erilaiset elinkierrot ja hyönteisten käyttäytyminen voivat vaikuttaa frassin kitiinipitoisuuteen. Lisäselvitystä kaivataan hyönteisten tuottamasta frassin määrästä, jotta frassilannoitteiden kehitystä voidaan edistää. Tuotannon pitää olla tasalaatuista ja kattaa lannoitteen tuotantoon tarvittava määrä.

Ympäristön näkökulmasta hyönteisillä on paljon lupaavia käyttökohteita, joten hyönteistuotannossa syntyville sivuvirroille on myös tärkeää löytää hyödyllisiä käyttökohteita. Hyönteisten syömästä rehusta saadaan ravinteet takaisin ravinnekiertoon hyödyntämällä frassi lannoitteena. Frassin hyödyntäminen lannoitteena voi vähentää myös tuontilannoitteiden ja mahdollisesti kasvinsuojeluaineiden tarvetta, jolloin ympäristöpäästöjen lisäksi syntyisi taloudellista säästöä viljelijälle. Tämä opinnäytetyö voi toimia pohjana frassin hyödyntämisen edistämisessä.

LÄHTEET

Ala-Siurua, M. 2019. Kotimaisten kotisirkkojen kakasta valmistetaan lannoitetta kasveille. Viitattu 28.11.2019. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/artikkeli-1.362526>

Biolan 2019. Kotisirkan lanta kasvattaa mehevät yrtit. Viitattu 28.11.2019, <https://news.cision.com/fi/biolan-oy/r/kotisirkan-lanta-kasvattaa-mehevat-yrtit,c2719815>

Biolan 2020. Yrtti- ja taimilannoite. Viitattu 24.2.2020. <https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-yrtti-ja-taimilannoite.html>

Caruso, D., Devic, E., Subamia, W., Talamond, P. & Baras, E. 2013. Technical Handbook of domestication and production of diptera black soldier fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Viitattu 19.2.2020. <https://uved-formation-aquaculture.cirad.fr/content/download/4328/32130/version/3/file/BLACK+SOLDIER+Technical+Handbook.pdf>

Clifford, C. & Woodring, J. 1990. Methods for rearing the house cricket, *Acheta domesticus* (L.), along with baseline values for feeding rates, growth rates, development times and blood composition. Viitattu 25.3.2020. https://www.researchgate.net/publication/229593681_Methods_for_rearing_the_house_cricket_Acheta_domesticus_L_along_with_baseline_values_for_feeding_rates_growth_rates_development_times_and_blood_composition

Cloutier, J. 2015. Edible insects in Africa. Viitattu 24.2.2020. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73150/1846_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coudron, C., Spranghers, T., Elliot, D. & Halstead, J. 2019. Insect Breeding Lab scale and pilot scale experiments with mealworm and black soldier fly. Viitattu 17.4.2020. <https://www.bioboost-europe.com/assets/files/Report-Insect-Breeding-.pdf>

EnterraFrass. 2019. Harness the nutritional power of insects. Viitattu 24.3.2020. <https://enterafrass.com/>

FAO. 2020. Water-energy-food nexus. Viitattu 25.3.2020. <http://www.fao.org/land-water/water/watergovernance/waterfoodenergynexus/en/>

Food Ingredients First. 2019. Insect trailblazing insect protein: €20m European Commission backing for first fully-automated insect protein plant. Viitattu 16.4.2020. <https://www.foodingredients-first.com/news/%C5%B8nsect-trailblazing-insect-protein-%E2%82%AC20m-European-Commission-backing-for-first-fully-automated-insect-protein-plant.html>

Frass Forward. 2016. Frequently Asked Questions. Viitattu 24.3.2020. <https://www.frassforward.com/frequently-asked-questions/>

Ghaly, A.E. & Alkoaik, F.N. 2009. The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. https://www.researchgate.net/publication/40832680_The_Yellow_Mealworm_as_a_Novel_Source_of_Protein

Heiska, S. & Huikuri, N. 2017. Hyönteistuotannon esiselvitys. Luonnonvara- ja biotaloudentutkimus 76/2017. Viitattu 19.12.2018. http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540921/luke-luobio_76_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Holger Zahn, N. 2017. The effect of insect frass created *Hermetia illucens* on spring onion growth and soil fertility. Viitattu 26.3.2020. https://www.researchgate.net/publication/321831639_The_effects_of_insect_frass_created_by_Hermetia_illucens_on_spring_onion_growth_and_soil_fertility

Horppu, H., Hulshof, J. & Koskula, H. 2017. Hyönteistuotannon lisäysmateriaaliselvitys. Biotus Oy. Teoksessa Heiska, S. & Huikuri, N. (toim.) Hyönteistuotannon esiselvitys: Hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotaloudentutkimus 76/2017. http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540921/luke-luobio_76_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Hulden, L. 2015. Mini-karjaa, Hyönteiset ruokana. Helsinki: Like Kustannus Oy

Hyönteiset elintarvikkeena. 2020. Ruokaviraston ohje 10588/3. Viitattu 11.3.2020. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/alkutuotanto/hyonteisohje_10588_3_fi.pdf

Hyönteisiä rehuksi. 2017. Eviran tiedote. Viitattu 12.3.2020. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/rehuala/tiedotteet/tied2017/tiedote_3740_0405_2017.pdf

IPIFF. 2020. The International Platform of Insects for Food and Feed – building bridges between the insect production chain, research and policymakers. Viitattu 20.4.2020. <https://ipiff.org/press-release-building-bridges-between-the-insect-production-chain-research-and-policymakers-september-2019/>

Ketola, E. 2012. Jääsalaatin kasvuolojen ja laadun optimointi LED-valotuksessa. Opinnäytetyö. HAMK. Viitattu 26.4.2020. <https://www.theseus.fi/handle/10024/52659>

KIS Organics. 2020. Natural Insect Fertilizer (Frass) 3-2-4. Viitattu 24.3.2020. <https://www.kisorganics.com/products/natural-insect-fertilizer-frass>

Koeleman, E. 2019. New Protix plant: A transition in insect farming. Viitattu 16.4.2020. <https://www.allaboutfeed.net/New-Proteins/Articles/2019/6/New-Protix-plant-A-transition-in-insect-farming-437555E/>

Koivunen, T. 1997. Tehokkaasti kasvihuoneesta. Helsinki: Opetushallitus

National Post. 2017. Crickets are a hot new source of protein – but their real value could lie in the poop they produce. Viitattu 24.3.2020. <https://nationalpost.com/life/crickets-are-a-hot-new-source-of-protein-but-their-real-value-could-lie-in-the-poop-they-produce>

Ramirez, M., Rodriguez, A., Alfonso, L. & Peniche, C. 2010. Chitin and its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. Viitattu 14.3.2020. https://www.researchgate.net/publication/275024120_Chitin_and_its_derivatives_as_biopolymers_with_potential_agricultural_applications

Rautiainen, M. 2019. Hyönteisruoan buumi lässähti yhtä nopeasti kuin nousikin – silti Suomessa riittää edelleen uskoa kasvuun. Kauppalehti. Viitattu 28.1.2020. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/hyonteisruoan-buumi-lassahti-yhta-nopeasti-kuin-nousikin-silti-suomessa-riittaa-edelleen-uskoa-kasvuun/d3e2c768-23db-46b3-9996-28fb89de939b>

Ribeiro, N. 2017. *Tenebrio molitor* for food or feed. Viitattu 19.2.2020. https://pdfs.semanticscholar.org/7e4b/a2fc7df0a362fb58bbf4960275af62fff513.pdf?_ga=2.101095425.1256622050.1582113904-1244219010.1582113904

Ruokavirasto. 2020. Kierrätysravinteet. Viitattu 2.4.2020. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehujajalannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/kierratysravinteet/>

Samarakoon, U.C., Weerasinghe, P.A. & Weerakkody W.A.P. 2006. Effect of Electrical Conductivity (EC) of the Nutrient Solution on Nutrient Uptake, Growth and Yield of Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Stationary Culture. Faculty of Agriculture. Rajarata University of Sri Lanka. Viitattu 26.3.2020. https://www.pgia.ac.lk/files/Annual_congress/journal/v18/2.pdf

Space Coast Mealworms. 2020. Mealworm Fertilizer. Viitattu 24.3.2020. <https://www.spacecoastmealworms.com/collections/mealworm-fertilizer>

STT. 2018. Ensimmäinen hyönteisruoka-aalto ei ottanut tuulta siipien alle – ”Isoilla kauppoilla oli ehkä liian isot odotukset”. Etelä-Suomen Sanomat. Viitattu 28.1.2020. <https://www.ess.fi/uutiset/kotimaa/art2507715>

van Huis, A., Van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. & Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Viitattu 19.12.2018. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>

Voipio, I. 2001. *Vihannekset: lajit, viljely ja sato*. Helsinki: Puutarhaliitto

Viilo, T. 2018. Suomen hyönteiskasvattamot laajenevat, mutta moni kauppojen sirkkatuote valmistetaan vielä tuontiötökästä: ”Eläin kun eläin, aina kasvatuksessa on haasteensa”. Maaseudun Tulevaisuus. Viitattu 22.1.2019. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/talous/artikkeli-1.293847>

Vilen, M. 2019. Hyönteisiltä löytyy ratkaisuja jäteongelmiin – jauhomadot syövät muovia ja mustasotilaskärpäsen toukat homemyrkkijä sekä lääkejäämiä. Maaseudun Tulevaisuus. Viitattu 28.1.2020. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/tiede-teknikka/artikkeli-1.388570>

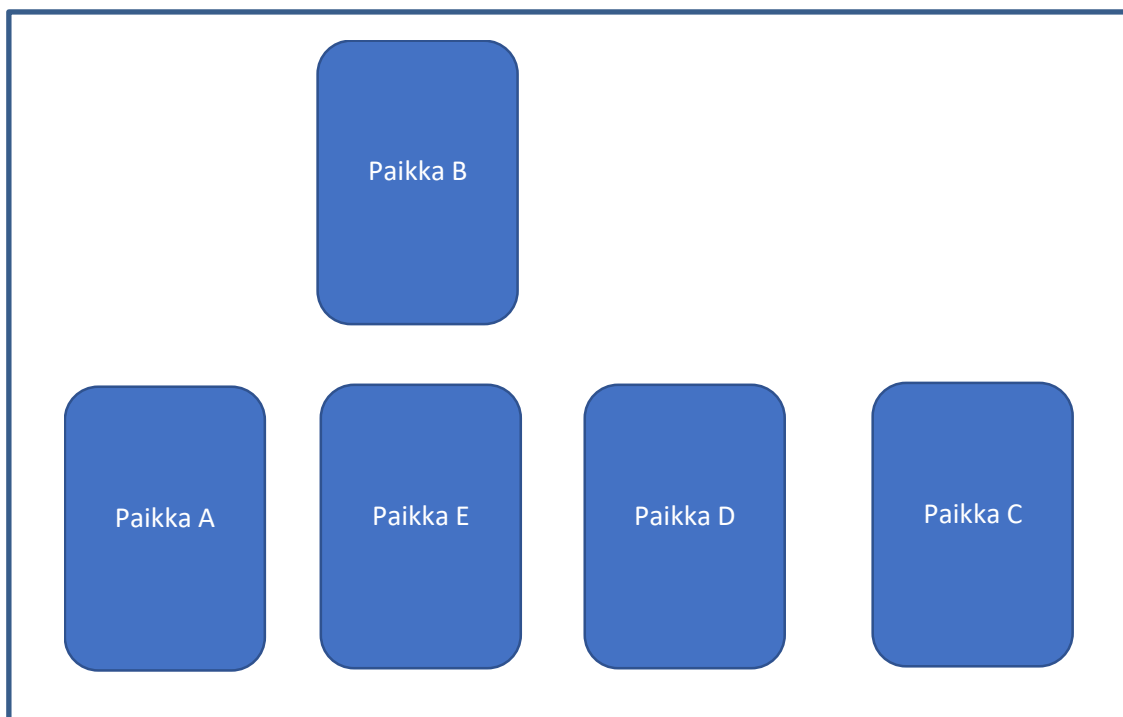
KÄYTETTYJEN LANNOITTEIDEN KOKONAISTYPEN TULOKSET

LIITE 1

Kokonaistyyppi (g/kg)							
		kuumakäsitelty			käsittelemätön		
näyte	kanan- kakka	MSK**	Kotisirkan frassi	Jauhopukin frassi	MSK**	Kotisirkan frassi	Jauhopukin frassi
1	37,3	18,4	37,6	43,2	19,9	33,8	41,5
2	37,8	18,2	37,3	43,5	19,8	33,8	43,8
3	38,5	20,7	36,5	42,3	20,1	35,3	43,5
4					20,0	35,4	41,6
keskiarvo	37,8	19,1	37,1	43,0	20,0	34,6	42,6
keskihajonta	0,6	1,4	0,5	0,6	0,1	0,9	1,2
mittausepävarmuus	1,2	2,6	1,0	1,2	0,1	1,2	1,7
luottamusväli	0,7	1,5	0,6	0,7	0,1	0,8	1,2
Tarkkuus*	-5,4						

*Tarkkuus laskettu vain kanankakan osalta

**Mustasotilaskärpäsen toukan frassi



Ryhmän sijainti	Valon voimakkuus (lux)
Paikka A	3900
	3100
	3700
Keskiarvo	3567
Paikka B	2860
	2780
	1900
Keskiarvo	2513
Paikka C	2100
	3300
	3000
Keskiarvo	2800
Paikka D	3700
	3000
	3800
Keskiarvo	3167
Paikka E	3900
	3500
	3400
Keskiarvo	3600